

## 第24回青葉工学研究奨励賞



## 大気圧ストリーマ放電の反応シミュレーションモデルの開発

東北大学大学院工学研究科  
電気エネルギーシステム専攻  
助教 小室 淳史

大気圧ストリーマ放電は化学反応性が高く、容易に発生させることが出来るといった特徴から、様々な技術応用が考えられている。例としては環境応用（環境汚染ガス処理、水処理）、バイオ（殺菌、遺伝子操作）、医療（がん治療、外科治療、止血、歯科治療）、材料（合成、加工、改質、表面処理）、エネルギー（燃料着火、プラズマ補助燃焼）、光源（ランプ、プラズマディスプレイ）などがある。これらの応用研究は国内外で活発に進められているが、放電中の反応過程に対する知識は未だ不十分であり、技術開発は理論ではなく経験に頼らざるを得ないのが現状である。現在までの大気圧ストリーマ放電に関する研究は、主に実験研究をメインとして行われており、実験結果を再現できるような理論の構築が遅れていた。そのため、実験結果から得られる結論の多くは、それぞれの装置や実験環境でのみ当てはまる各論的なものであり、技術開発効率が非常に悪いという状況にあった。大気圧プラズマを社会で広く応用していくためには、技術開発効率の向上と、技術の安全性を担保するといった意味において、その物理機構の完全な解明が必要である。このような背景から、私は大気圧プラズマの基礎過程であるストリーマ放電に着目し、物理的に自己矛盾のない一般性の高いモデルを開発した。そして、開発したシミュレーションと実験結果との比較を通してモデルの改良を行い、実験結果に裏打ちされた大気圧プラズマのシミュレーションモデルを開発した。

その結果の一部を図1に示す。図1は大気圧プラズマが発生したときの放電発光の時間変化を表したストリーク図と言われるものである。針電極に30kV程度の高電圧を印加した際に、針電極から平板電極に向かって放電発光が進展している様子が示されている。図1 (a) に示された実験結果に対して、図1 (b) に示したシミュレーション結果は非常によく一致しており、放電発光の時空間変化を定量的に再現することに成功した [1, 2]。また、プラズマ応用技術にとって重要な役割を果たしている酸素ラジカル (Oラジカル)、窒素ラジカル (Nラジカル)、ヒドロキシルラジカル (OHラジカル) [3, 4] の生成特性を再現し、それぞれのラジカルがどのような過程により生成され、消滅するかの化学反応過程を明らかにした。さらに、プラズマ支援燃焼等のアプリケーションで重要な高温化でのスト

リーマ放電の挙動解析 [5] や、放電中の電子密度分布の再現も行っており [6]、実験だけでは解明することが困難であった大気圧プラズマ中の物理化学反応過程が徐々に明らかになっている。今後はさらにシミュレーションの精度を高めるとともに、シミュレーションソフトの汎用性を高めるための改良に取り組んでいく。

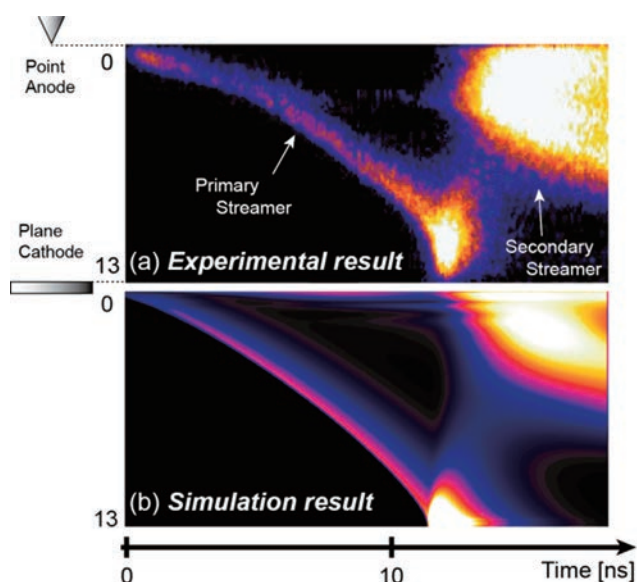


図1. 放電発光の実験結果とシミュレーション結果の比較 [1]

- [1] Komuro A, et al. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 45 (2012) 265201.
- [2] Komuro A, et al. *Plasma Sources Sci. Technol.* 22 (2013) 045002.
- [3] Komuro A, et al. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 48 (2015) 215203.
- [4] Komuro A, et al. *Plasma Sources Sci. Technol.* 26 (2017) 065003.
- [5] Komuro A, et al. *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 105001.
- [6] Komuro A, et al. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 51 (2018) 445204.